

Diseño de una Política de Inventario Multinivel para un Centro de Distribución de Productos Congelados (Proveedor – CD - Cliente)

Hamilton Mendoza Muñoz – Omar Rincón Pin
Instituto de Ciencias Matemáticas
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
hamismen@espol.edu.ec – orincon@espol.edu.ec

Resumen

En términos económicos, los inventarios representan el mayor de los activos circulantes de toda empresa, es ahí donde se concentra gran cantidad de dinero invertido por parte de los accionistas. Dadas estas razones es necesario el control oportuno del mismo, estos controles indicarán el estado de la situación económica de la empresa.

La presencia de los inventarios es imprescindible a lo largo de la cadena de suministros en varias formas y por diferentes razones que hacen necesario se ejerza un control científico que ayude a mantener los niveles necesarios de existencias con el fin de optimizar costos que permitan maximizar ganancias.

El presente proyecto diseña una política de inventario multinivel que provea un óptimo cercano del nivel de punto de re-orden y de la cantidad de pedido en los minoristas y en la bodega respectivamente. El objetivo es minimizar el costo total logístico.

El modelo que se utilizó para diseñar la política, integra y analiza tres componentes fundamentales en toda cadena de suministro, tales como: el inventario en los minoristas, la demanda en proceso en la bodega y el inventario en la bodega.

Palabras Claves: Centro de Distribución, Cantidad Económica de Pedido (EOQ), Planificación de Recursos Empresariales (ERP), Tiempo de Reaprovisionamiento, Stock.

Abstract

In economic terms, inventories represent the greatest assets of any company, that's where a great amount of money is concentrated by investors. Because of these reasons it is necessary to timely control of it, these controls indicate the state of the economic situation of the company.

The presence of inventories is essential throughout the supply chain in various ways and for different reasons that require carrying out a scientific monitoring to help maintain the required levels of stocks in order to optimize costs to maximize profits.

This project designs a multi-echelon inventory policy that provides a near optimal level of re-order point and order quantity at the retailers and warehouse respectively. The objective is to minimize the total logistics cost.

The model that was used to design the inventory policy integrates and analyzes three key components in any supply chain such as: inventory at retailers, the demand process in the warehouse and inventory in the warehouse..

Keywords: Distribution Center, Economic Order Quantity (EOQ), Enterprise Resource Planning (ERP), Lead Time, Stock.

Introducción

En la actualidad las empresas lidian diariamente con una serie de problemas de toda índole, desde inconvenientes en la adquisición de materiales de producción hasta la administración de los mismos. Todas estas situaciones ocasionan un gran impacto económico en el capital de la empresa.

Este trabajo está dirigido hacia el área de bodega y/o almacenamiento, área que por muchos años atrás era tomada a la ligera. En la actualidad se ha convertido en punto esencial para una correcta administración de

la cadena de abastecimiento y debido control sobre los activos de la empresa.

En el presente trabajo, se diseñará una política de inventario multinivel para un centro de distribución de productos congelados, situado en la ciudad de Guayaquil. Exceso e insuficiencia de inventario, baja calidad de la materia prima dada su caducidad, mermas, robos y desorden son unos cuantos problemas que persiguen a la administración del CD.

La idea de este estudio es aprovechar el know-how y la experiencia logística del CD, empresa de estudio cuyo nombre es guardado en reserva para los fines

pertinente. Además, poner en acción los conocimientos científicos adquiridos por los creadores de este proyecto durante la carrera de Ingeniería en Logística y Transporte.

Capítulo 1 Descripción del Problema

1.1 Antecedentes

La empresa donde se va a realizar el proyecto es un CD que inició sus operaciones hace 20 años en la ciudad de Guayaquil. El giro del negocio está enfocado a brindar servicios logísticos a diferentes líneas de restaurantes, servicios como: almacenar, procesar, preparar pedidos y distribuir.

La jornada diaria del CD inicia a las 05H00 con los despachos de los pedidos de frío a los diferentes restaurantes. Durante dos veces a la semana se realiza la recepción de productos congelados de sus proveedores. En la figura 1.1 se puede visualizar el proceso de distribución de proveedor a bodega y de bodega a restaurante.

Debido a la falta de espacio en los andenes y cumplimiento del proveedor en los horarios asignados en las recepciones, el procedimiento de los despachos y almacenamiento se vuelven caóticos, esto permite que no se realice un seguimiento exhaustivo de los productos a recibir ya que tenemos sistemas manuales de registros de lote, caducidad y trazabilidad de productos.

El ERP que actualmente se maneja no permite llevar un control en los inventarios que se administra en el CD, debido a que no ofrece suficiente información estadística para tomar decisiones.

Esta problemática se ve reflejada en los errores presentados en los pedidos, despachos y devoluciones de productos congelados, que representan un alto costo por SKU.

Los reportes mensuales demuestran el gran impacto económico que carga la empresa por tener sobre stock y bajas de productos por mala rotación del inventario.



Figura 1. Red de Distribución del CD

Capítulo II Marco Conceptual

2.1 Marco Referencial

Los problemas de inventario parten de la necesidad de alcanzar objetivos económicos que maximicen el nivel de servicio al cliente durante las operaciones (Proveedor – Centro de Distribución – Cliente), el cual va a permitir medir el nivel de existencia de productos congelados en los eslabones mencionados.

Determinar los niveles de inventario que deben mantenerse, establecer en qué momento se realiza el requerimiento y en qué cantidades deben reaprovisionarse, es como se define una Política de Inventario.

Una Política de Inventario se encarga de responder a las preguntas:

- ¿Cuánto se debe ordenar?
- ¿Cuándo se deben colocar los pedidos?

Dentro de la gestión de inventarios existen conceptos que van a definir el tipo de gestión y el estado del inventario:

- Dimensión del lote.
- Costos de mantenimiento, preparación y pedido.
- Estado del stock.
- Nivel de pedido.

2.2 Costos del Inventario

Existen tres costos básicos del inventario. Estos son el costo de almacenamiento, el costo de orden y el costo de agotamiento.

➤ Costo de Almacenamiento

Es el más importante y el de mayor magnitud en la mayoría de las empresas. Su valor es determinado por el tamaño del inventario que hay en existencia en las bodegas y por el espacio de tiempo que el mismo se conserva. Se expresa como un porcentaje con relación al valor de la inversión promedio.

➤ Costo de Orden o Reposición

Este incluye el total de costos que se originan cada vez que se ordena un abastecimiento del inventario. Su valor se mide cuantificando los costos del tiempo invertido por el personal para generarlo, la papelería utilizada, los medios de comunicación usados para realizarlo y cualquier otro costo relacionado. En la mayoría de los casos, el monto del costo no tiene relación con el tamaño de la orden, pero su importe puede variar de acuerdo con el número de pedidos colocados en un periodo de tiempo determinado.

➤ Costo de Agotamiento

Éste es determinado por las ventas no realizadas por carecer de existencias en el

momento que se recibe el pedido y se cuantifica con el valor de las ganancias dejadas por no tener la capacidad de atender un pedido cuando el cliente lo ha requerido.

2.3 Modelos Cuantitativos de Decisión

Se basan en métodos matemáticos que permite proporcionar información a la alta gerencia parámetros cuantitativos útiles para la toma de decisiones ecuanímes.

Sus fundamentos se remontan a los estudios iniciales de la Administración Científica llevados a cabo por diferentes personajes a finales del Siglo XIX.

Muchos métodos se basan en los principios desarrollados por la investigación de Operaciones (IO) o Investigación Operativa es conocida como “La ciencia de la toma de decisiones”.

Programación Lineal

La Programación Lineal, es un procedimiento o algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema formulado a través de ecuaciones lineales, optimizando la función objetivo que también es lineal. Es decir, consiste en optimizar (maximizar o minimizar) una función objetivo, de tal forma que las variables de dicha función estén sujetas a una serie de restricciones que expresamos mediante un sistema de inecuaciones lineales.

Programación No Lineal

Se define a la programación no lineal, como el proceso de resolución de un sistema de igualdades y desigualdades sujetas a un conjunto de restricciones sobre un conjunto de variables reales desconocidas, con una función objetivo a maximizar o minimizar, cuando alguna de las restricciones o la función objetivo no son lineales

2.4 Modelos de Control de Inventario

Cantidad Económico de Pedido (EOQ)

Este modelo se basa en tres supuestos fundamentales, el primero es que la empresa conoce cuál es la utilización anual de los artículos que se encuentran en el inventario, segundo que la frecuencia con la cual la empresa utiliza el inventario no varía con el tiempo y por último que los pedidos que se colocan para reemplazar las existencias de inventario se reciben en el momento exacto en que los inventarios se agotan.

Modelo de Punto de Re-orden con Demanda Incierta

Se conoce a la demanda durante el tiempo intermedio del reabastecimiento como una distribución normal, con una demanda promedio \bar{X} y una desviación estándar S_d .

Suponiendo que la demanda para un ítem tiene una demanda media de 200 por semana y una desviación estándar semanal de 20 unidades, si el tiempo de entrega es de 4 semanas, se desea acumular la distribución normal de la demanda, la \bar{X} total se calcula multiplicando las \bar{X} individuales por semana por el tiempo de entrega en semanas es decir $\bar{X} * TE = 800$ y la desviación estándar se calcula multiplicando la raíz de TE (tiempo de entrega) por la desviación estándar semanal

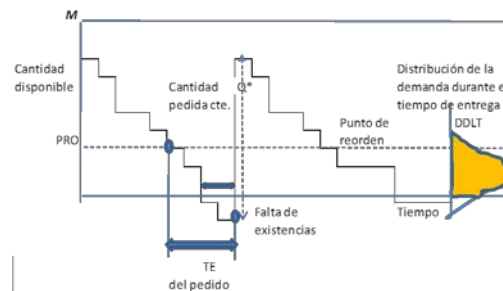
$$S'_d = S_d * \sqrt{TE}$$


Figura 2. Representación Gráfica del Modelo Punto de Re-orden con Demanda Incierta

Método ABC de Productos

En el escenario de la gestión de inventarios, el método ABC también conocido como el principio de Pareto significa que unos pocos materiales representan la mayor parte de la inversión de la empresa.

Toda empresa que tenga un gran número de artículos de inventario debe analizar cada uno de ellos para determinar la inversión aproximada por la unidad. Algunos de estos artículos aunque no sean estrictamente costosos tienen una rotación baja y en consecuencia exigen una inversión considerable: por otra parte otros artículos, aunque tienen un costo alto por unidad, rotan con suficiente rapidez para que la inversión necesaria sea relativamente baja.

En la mayoría de las empresas la distribución de artículos del inventario dispone que el 20% corresponde al 80% de la inversión en inventario, mientras que el 80% restante de los artículos corresponden solamente al 20% de dicha inversión, es por ellos que es necesario un método que asigne prioridades a las existencias que maneja la empresa: Método de clasificación ABC.

La aplicación del sistema de costos ABC en una empresa para el control de inventarios se empieza por la clasificación en grupos de artículos así:

1. *Los Artículos "A"*: Son aquellos en los que la empresa tiene la mayor inversión, éstos representan aproximadamente el 20% de los artículos del inventario que absorben el 80% de la inversión. Estos son los más costosos o los que rotan más lentamente en el inventario.

2. *Los Artículos "B"*: Son aquellos que les corresponde la inversión siguiente en términos de costo. Consisten en el 40% de los artículos que requieren el 15% de la inversión.
 3. *Los Artículos "C"*: Son aquellos que normalmente en un gran número de artículos correspondientes a la inversión más pequeña. Consiste aproximadamente del 40% de todos los artículos del inventario pero solo el 5% de la inversión de la empresa en inventario.
- Cuando el nivel de inventario se agota hasta el nivel S_r , el minorista coloca una orden Q_r para la bodega.
 - Se asume que los plazos de entrega de cada minorista es la suma de 3 componentes:
 - Tiempo constante de procesamiento de órdenes en cada minorista.
 - Tiempo de espera en la bodega en caso de desabastecimiento.
 - Tiempo de transito de la bodega al minorista, en donde se asume que es una variable probabilística dada por una función de distribución probabilística.

2.5 Pronóstico de la Demanda

El pronóstico de la demanda consiste en realizar una estimación de las futuras ventas, sean éstas en unidades físicas o monetarias, de uno o varios productos, para un periodo determinado.

El objetivo de todo pronóstico de la demanda es permitir al analista elaborar una proyección de ventas y a partir de esta, poder desarrollar demás proyecciones, presupuestos, lograr un mejor control del inventario, mayor coordinación en procesos, minimizar riesgos y demás ventajas que conllevan una buena planificación.

Se pueden elaborar pronósticos bajo diferentes enfoques. Cuando se trata de productos nuevos, donde no existe suficiente información se requiere a la intuición y experiencia profesional, se recurre al método cualitativo. Es muy útil cuando el tiempo y el dinero apremian.

Pero, si se cuenta con datos precisos e históricos de productos existentes en el mercado, se elabora un modelo estadístico que sustente el pronóstico y se emplean modelos matemáticos, se recurre al método cuantitativo.

2.5 Formulación Matemática

Modelo de Administración de Inventarios para Cadenas de Abastecimiento: Múltiples Minoristas – Una Bodega – Múltiples Proveedores

Supuestos:

El modelo supone que:

- Un solo producto, con un precio unitario constante, el peso es de un kilogramo (por conveniencia) es almacenado en un sistema de distribución que consiste en idénticos minoristas, una bodega o centro de distribución e idénticos proveedores.
- La demanda diaria en el minorista es estocástica, asume seguir una distribución POISSON con media λ_r . En el presente caso de estudio, la demanda es determinística.

- Las demandas del minorista que no se cumplan por parte de la bodega, se las denominará "*ordenes retrasadas o incumplidas*"
- La bodega solicita pedidos de igual cantidades para cada proveedor (el tamaño de lote es dividido en cantidades iguales para cada proveedor).
- La bodega no coloca órdenes, hasta que todas las órdenes previas hayan sido recibidas.
- Bajo el principio de que las tasas de transportación dependen del tamaño de lote del minorista, esto supone que no existirá particionamiento de lotes en la bodega. Es decir, si la bodega tiene menos de la cantidad de orden que requiere el minorista en stock, toda la orden se la denominará "*orden retrasada o incumplida*"
- Las primeras entregas de los proveedores determinan el nivel de servicio en la bodega.
- La bodega coloca órdenes en función de la demanda de los minoristas, es decir todo lo que se oferta a la vez se demanda.

Notación:

r : Minorista. $r = 1, \dots, n$

w : Bodega $w = 1, \dots, n$

N_r : Número de minoristas

P : Número de proveedores

S_r, S_w : Punto de Re-orden en los minoristas y bodega

Q_r, Q_w : Cantidad de pedido en los minoristas y bodega

D_r, D_w : Demanda diaria en cada minorista (con media μ_{D_r}) y en la bodega (con media μ_{D_w})

R_r, R_w : Demanda anual esperada en cada minorista y en la bodega.

$$R_i = 360 \mu_i ; i = r, w$$

T_r, T_w : Tiempo de reposición para el minorista y el "primer tiempo de reposición" de la bodega.

L_r, L_w : Tiempo de transito de la bodega al minorista y de cada uno de los proveedores hacia la bodega con una media μ_{L_r}, μ_{L_w}

Y_r, Y_w : Demanda durante el tiempo de reposición de cada minorista (con media μ_{Y_r}) y de la bodega (con media μ_{Y_w})

ρ_r, ρ_w : Tasa de abastecimiento en cada minorista y en la bodega.

Modelo de Costo Total

Función Objetivo:

El objetivo principal del modelo es minimizar el ETAC en función de Q_w, S_w, Q_r, S_r , es decir, el costo de tener producto con el respectivo punto de reorden.

$$ETAC(Q_w, S_w, Q_r, S_r) = C_o + C_h + C_s$$

ETAC: Expected Total Annual Cost - Costo Total Anual Esperado para el Sistema

C_o : Costo Total de Orden/Pedido

$$C_o = \frac{(a + bp)R_w}{Q_w} + \frac{R_r N_r A_r}{Q_r} \quad (15)$$

Donde a, b son Costos fijos iniciales en la bodega y A_r es el Costo de orden en el minorista.

C_h : Costo Total de Mantenimiento

$$C_h = \left(\mu_{i_w} \mu_{D_i} + \frac{Q_w}{2} + s_w - \mu_{Y_i} \right) Uh + \left(\mu_{i_r} \mu_{D_i} + \frac{Q_r}{2} + s_r - \mu_{Y_i} \right) Uh N_r \quad (16)$$

Donde $\mu_{i_w} \mu_{D_i}$, $\frac{Q_i}{2}$ y $s_i - \mu_{Y_i}$, siendo $i = w, r$; representan el tiempo de transito, los ciclos y stocks de seguridad respectivamente en la bodega y minoristas. El símbolo h es el costo de mantener una unidad por un año.

C_s : Costo Total de Transportación

$$C_s = g \left(\frac{Q_w}{p} \right) R_w + g(Q_r) N_r R_r \quad (17)$$

Donde $g(\cdot)$ Representa una relación funcional entre la tasa de transportación y el tamaño de lote (es decir el peso de cada lote. Se asume que el peso de cada lote es 1 libra).

El costo total de transportación es la suma de transportar R_w unidades del proveedor a la bodega y R_r unidades para cada uno de los N_r minoristas.

Restricciones:

Dentro de las principales restricciones se tiene:

- **Nivel de Servicio de la bodega:** Nos indica que el esperado del punto de re orden de la bodega no debe exceder el nuevo pedido que reciba la bodega en base a la demanda del minorista.

$$ES_w \leq \frac{Q_w(1-\rho_w)}{Q_r} \quad (18)$$

- **Nivel de Servicio del minorista:** Manifiesta que el esperado del punto de re orden del minorista no debe exceder a la llegada del nuevo pedido realizado por el minorista.

$$ES_r \leq Q_r(1-\rho_r) \quad (19)$$

- **Exactitud de Pedido:** La bodega tendrá exactamente la cantidad de pedidos que realizan los minoristas.

$$Q_w = k Q_r \quad (20)$$

- **No permite entregas repetidas de proveedores:** Asegura que las órdenes que emite la bodega para los proveedores no se pueden cruzar con la probabilidad α .

$$(14) Q_w \geq B \mu_{D_w} \quad (21)$$

- **Variables positivas del modelo**

$$s_w, s_r \geq 1 \quad (22)$$

2.5 Linealización del Modelo de Costo Total

Función Objetivo

C_o : Costo Total de Orden/Pedido

$$C_o = \frac{(a + bp)R_w}{Q_w} + \frac{R_r N_r A_r}{Q_r} \quad (15)$$

La relación $\frac{R_i}{Q_i}$ siendo $i = w, r$, donde R_i es la demanda anual esperada en cada minorista y en la bodega y Q_i la cantidad de pedido de los minoristas y de la bodega, explica la cobertura en unidad de tiempo (semanas) con la que se cumplirán los pedidos demandados respectivamente.

Dado que Q_w y Q_r son variables del modelo, y estas son factores divisores en la ecuación (15), convierten a la misma en una ecuación no lineal con división para cero. Por lo que es necesario linealizar la ecuación:

- Siendo 7 el número de días de la semana, 10 el número de semanas que se pronosticará la demanda, 4 y 1 días el tiempo de reposición de la bodega y minorista respectivamente. Se procede a obtener la cobertura de la demanda en unidad de tiempo, semanas.
- De este análisis se obtuvo el resultado que se presenta a continuación, quedando linealizada la ecuación (15):

$$C_o = (a + bn)(17.5) + N_r A_r (70) \quad (23)$$

C_s : Costo Total de Transportación

$$C_s = g \left(\frac{Q_w}{p} \right) R_w + g(Q_r) N_r R_r \quad (17)$$

Dado que el modelo matemático trabaja con una relación funcional entre la tasa de transportación y el tamaño de lote. Para el caso que presenta el centro de distribución, se procedió a utilizar un modelo de costos de transporte que sostenga el costo de

transportar un producto desde el proveedor hacia el centro de distribución y del centro de distribución al minorista. Se detalla a continuación:

- Función de Costos (Proveedor – Centro de Distribución)

Sea: x La capacidad de transportación del vehículo.

k El numero de vueltas del recorrido

R Kilómetros recorridos

$$f(x) = k * \text{Costos Fijos} + \text{Costos Variables} * R \quad (24)$$

$$f(40TM) = 1 * (205) + 420 * (420)$$

$$f(40TM) = \frac{\$379,42}{40000 \text{ Kg}}$$

$$f(x) = 0,00095 \text{ \$/Kg}$$

- Función de Costos (Centro de Distribución - Minoristas)

Siguiendo el mismo proceso matemático mencionado en la parte superior, se llego al siguiente resultado:

$$f(5TM) = \frac{\$64,71}{5000 \text{ Kg}}$$

$$f(x) = 0,013 \text{ \$/Kg}$$

Restricciones

$$ES_w \leq \frac{Q_w(1-\rho_w)}{Q_r} \quad (18)$$

Dado que Q_r es una variable a determinar en el modelo, y este factor divide a la expresión en la ecuación (18), convierte a la misma en una ecuación no lineal con división entre cero. Por lo que es necesario linealizar la ecuación, quedando como resultado la siguiente expresión:

$$Q_r ES_w \leq Q_w (1 - \rho_w) \quad (25)$$

Como se explicó anteriormente la ecuación 21, asegura que las órdenes que emite la bodega para los “n” proveedores no se pueden cruzar con la probabilidad τ . Siendo B un número real positivo cuyo valor depende de τ .

$$Q_w \geq B \mu_{D_w} \quad (21)$$

Para el caso de estudio que presentamos, el CD sólo cuenta con un proveedor que provee totalitariamente los productos que este distribuye. De manera que las órdenes de pedido que emite el CD (semanalmente) a su único proveedor tienen probabilidad de cruce cero, pues solo se realizan los pedidos una vez por semana (los días viernes). Como resultado se tiene la siguiente expresión:

$$Q_w \geq \mu_{D_w} \quad (26)$$

Capitulo III Planteamiento de la Solución

3.1 Revisión de procesos en la Bodega



Figura 3. Flujo de Recepción – Almacenamiento – Despacho en la Bodega de Productos Congelados

Se analizó paso a paso cada uno de los procesos descritos en la figura 3. Para poder comprender y determinar los problemas de la bodega.

3.2 Descripción de la Metodología

Como se muestra en la figura 4, se esquematizó los pasos necesarios para buscar la solución al problema en la bodega de productos congelados.



Figura 4. Esquema de la Metodología utilizada en el proyecto

3.2.1 Definición de los Problemas de Inventario en los Productos Congelados

De acuerdo a lo que se menciona en el capítulo 1 sección 1.1, los problemas de inventario que el CD afronta, se resumen en los siguientes puntos:

- ❖ El ERP utilizado no entrega suficiente información estadística para tomar decisiones sobre a la cantidad de pedido que se debe solicitar al proveedor.
- ❖ Desabastecimiento de productos, ocasionado por la mala planificación de pedidos.
- ❖ Déficit de control en caducidad de productos.
- ❖ Déficit de control en los procesos de despacho y recepción.

He aquí la necesidad de crear una política de inventario que robustezca los actuales procesos, mejorando la realización de pedidos y el control del flujo de productos en el centro de distribución.

3.2.2 Recopilación de Información Requerida

La CD nos facilitó información necesaria para la creación de la política de inventario, como por ejemplo la lista de los 52 productos congelados que administra la bodega. Se utilizó el método ABC para poder identificar los productos que representan mayor inversión para empresa obteniendo los siguientes resultados:

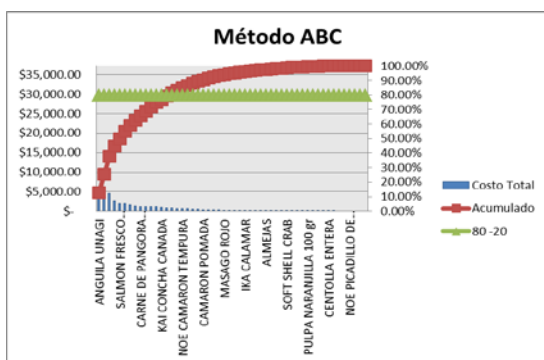


Figura 5. Método ABC para Productos Congelados

Son 14 los productos más representativos (Tipo A), es decir que la empresa tiene la mayor inversión, estos representan el 20 % de los ítems del inventario que absorben el 90% de la inversión.

Los tipos B son 12 ítems que corresponden a la inversión siguiente en términos de costos, es decir, el 30% de los de los ítems que requieren el 8% de la inversión.

Por último los tipos C que son 26, normalmente son un gran número de ítems correspondientes a la inversión más pequeña.

3.3 Análisis de Demanda

Identificación de la Estacionalidad

En base a las ventas semanales registradas en el sistema de información entre la semana 11 y semana 26 del año 2012, que es el periodo de análisis, se va a realizar el pronóstico de la demanda para identificar la estacionalidad.

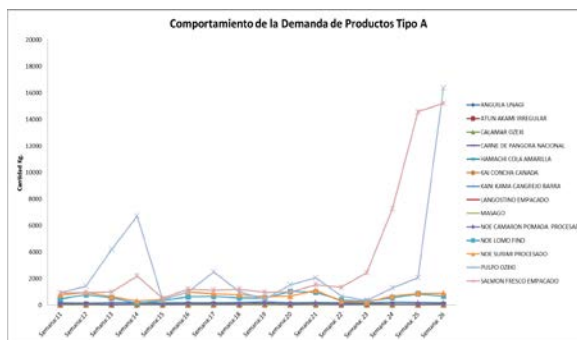


Figura 6. Comportamiento de la Demanda de los Productos Tipo A

Los principales resultados que se obtienen a partir de esta información, son los siguientes:

- El valor máximo de consumos es de 16348 Kg obtenidos en la semana 26 por el producto Pulpo Ozeki.
- El valor mínimo de consumos es de 0 Kg. Este comportamiento se repite durante varias semanas con diferentes productos.
- El rango de consumos es de 16348 Kg
- La media aritmética de los datos es de 7701 Kg y su desviación estándar es de 8013 Kg. Esto evidencia la alta variabilidad que existe entre pedidos semanales.

El valor máximo de consumos es un dato de la muestra, el cual puede incidir en el modelo de pronóstico que se propone realizar.

Determinación del Modelo de Pronóstico Adecuado

Durante esta etapa se buscó ajustar nuestros datos a un modelo que nos permita predecir lo más preciso posible, sin embargo la herramienta computacional de análisis estadístico mostró los siguientes resultados:

- ✓ Se intentó crear un modelo Arima, pero mientras se desarrollaba el mismo fue evidente notar que la serie de tiempo no presentó estacionalidad, es decir no existen ciclos de frecuencia definidos, la media y la varianza no son constantes; por lo que se considera que no es una serie estacionaria. Las gráficas no mostraron tendencia, lo cual es otro indicio para no considerar al modelo Arima.

Los desarrolladores del proyecto, en base a consultas, suponen que estas dificultades al ajustar los datos a un modelo se debe a la poca información con la que se está trabajando (15 semanas).

- ✓ Cuando se tienen series de tiempo con datos que no presentan tendencia alguna ni estacionalidad, es recomendable utilizar el método del Suavizado Exponencial Simple, el mismo que pondera los datos históricos exponencialmente con el fin de que los datos mas recientes tengan mas peso en el promedio móvil. El test que se utilizó para

predecir los datos, fue el modelo de Holt-Winters, el mismo que es conocido por ser una ampliación mejorada del suavizamiento exponencial. Debido a sus características ajusta el nivel de la serie, la pendiente de la recta de tendencia y el valor de los factores estacionales.

Se ejecutaron una serie de comandos en el software R, los cuales están descritos en el proyecto de graduación. Por lo tanto se realizaron los siguientes pasos:

A. Debido a la dimensión del proyecto, es decir a la cantidad de productos Tipo A que tenemos, se procedió a realizar el ingreso manual de la información histórica.

B. Se genera una serie de tiempo de cada uno de los productos. Tomando en cuenta que se inicia en el tercer mes, Marzo, con una frecuencia de cuatro debido a que la información que se tiene es semanal.

C. Para poder visualizar mejor el comportamiento de la serie temporal se procedió a graficar la misma. En la Figura 3.5, se ejemplifica la demanda del producto Pulpo Ozeki, durante los meses de Marzo a Junio.

D. Se realiza un análisis de las auto-correlaciones. Dado que las mismas no son muy altas después del primer periodo, no se procede a diferenciar la serie temporal.

E. Por medio del test Holt-Winters, se ajustó el modelo. Como resultado obtuvimos.-

1. Alpha: 0.48, que es el nivel de confianza con el que el test ajusta el modelo.
2. Beta: 1, tendencia del modelo ajustado
3. Gamma: 1, estacionalidad del modelo ajustado.

F. Una vez que el modelo fue ajustado, se procedió a realizar la realización de la predicción. Se predijo la demanda de los tres meses siguientes (Julio, Agosto, Septiembre).

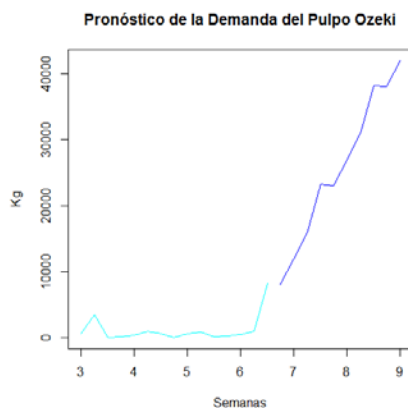


Figura 7. Pronóstico de la Demanda del Pulpo Ozeki

3.4 Modelización en Gams

Se utilizó el software informático GAMS para tal efecto en el proyecto de graduación se describen los procedimientos que se implementaron en el software, y la programación fuente que dieron forma al modelo matemático.

Capitulo IV Análisis de Resultados

El modelo matemático está desarrollado en función de las restricciones estructuradas el cual permitirá brindar el nivel de servicio esperado al cliente sin afectar el recurso de la empresa.

Definido en el párrafo anterior la necesidad del modelo matemático GAMS proyecta los siguientes resultados.

Tabla 4.1 Costo Total Anual Esperado

SOLVE SUMMARY	
MODEL PROYECTO	OBJECTIVE Z
TYPE LP	DIRECTION MINIMIZE
SOLVER CPLEX	FROM LINE 340
**** SOLVER STATUS	1 Normal Completion
**** MODEL STATUS	1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE	792425.27
RESOURCE USAGE, LIMIT	0.016 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	0 2000000000
IBM ILOG CPLEX Mar 17, 2012 23.8.2 WIN 31442.32372 VS8 x86/MS Windows Cplex 12.4.0.0	
LP status(1): optimal	

Como indicador para evaluar el ahorro al costo total anual esperado se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Incremento Porcentual del Costo Total} = \frac{(\text{Costo de inventario actual} - \text{Costo de inventario mejorado})}{\text{Costo de inventario mejorado}} \times 100$$

Como resultado al indicador mencionado en el párrafo anterior, obtuvimos un ahorro del 15%, en comparación al costo que la bodega invierte en su inventario.

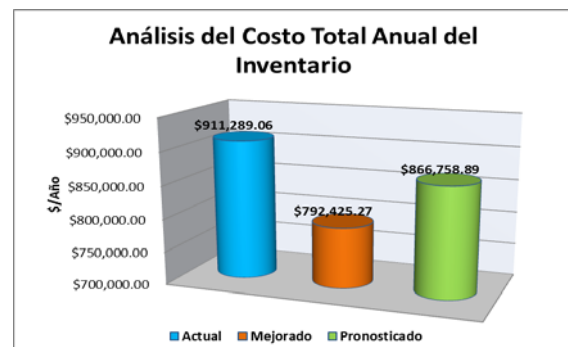


Figura 8. Análisis del costo total anual del inventario

De acuerdo a la figura 8. se puede evidenciar la diferencia de costos que existe entre cada escenario analizado:

El costo actual viene dado por la gestión de inventario que realizaba el supervisor correspondiente en base a la información que generaba el ERP y la experiencia en el cargo.

El costo mejorado fue obtenido en base a la política diseñada mediante el modelo matemático que se presentó el capítulo 2 de este trabajo.

Por último el costo pronosticado fue en función a la predicción de la demanda que se realizó para las 10 semanas futuras.

Los resultados muestran que de acuerdo a lo demandado actualmente y lo pronosticado existirá un incremento del 9% en el costo total de la operación. Esto se debe a que la demanda obtenida en el pronóstico se incrementa.

Lo anterior implica que el CD debe tomar la decisión de la cantidad a mantener para satisfacer la demanda en improvisaciones, ya que la política diseñada no contempla situaciones emergentes durante la demanda. Esto implica examinar la posibilidad de incrementar los costos de distribución asociado a los minoristas.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

En este proyecto se presentó una propuesta de solución a los niveles de inventario que tiene el CD.

Se analizó el inventario de productos congelados del CD por medio del método ABC, el mismo que nos permitió observar cuales son los productos que tienen mayor valor monetario del inventario. Esto quiere decir que el personal responsable del CD debería llevar mayor control en este tipo de productos y así evitar pérdidas por mala rotación, caducidad, etc.

También se analizó el comportamiento de la demanda (en Kg) de quince semanas del año 2012, comprendidas entre el mes de marzo y junio. Se evidenció que de acuerdo al histórico de la demanda, éstas se iban a incrementar y en algunos casos mantener constante. Esto nos puede dar una idea del movimiento de productos que va tener el CD durante las 10 semanas que se pronosticaron.

Se aplicó un modelo de inventario multinivel que se enfoca en varios proveedores, un centro de distribución y varios minoristas. Donde se obtuvo los pedidos óptimos que deberían realizar tanto el CD como los minoristas. Este modelo nos ayuda a desarrollar para más artículos.

Los diseños de política de inventario se ajustan de acuerdo a los requerimientos de las bodegas, en el caso vigente podemos decir que se obtuvieron resultados satisfactorios, por lo que se concluye que el modelo está adaptado para más tipos de productos y de acuerdo a la industria que se desee.

5.2 Recomendaciones

El Centro de Distribución como principal distribuidor de los minoristas, busca tener ventaja competitiva entre los proveedores de los mismos, para ello requiere mejorar sus procesos para hacer frente a las necesidades de los clientes. Para ello se recomienda lo siguiente:

Los minoristas deben brindar mayor información de las demandas poder realizar mejores análisis a las mismas. Lo cual va permitir brindar pronósticos acertados al consumo real.

En el caso analizado, la política de inventario incluye un proveedor, un CD y varios minoristas. Para futuras investigaciones se puede realizar variantes incrementando el número de participante en los eslabones antes mencionados. Es decir, el modelo como tal está limitado a dos escalones (Proveedor - Minorista) y supone que los proveedores siempre atenderán la demanda del CD.

Se recomienda a los investigadores que estén interesados en este trabajo, analizar los escenarios donde los proveedores no siempre cuenten con el stock necesario y el CD trabaje con un stock de seguridad.

Debido a las proyecciones de crecimiento de ventas y expansión de la empresa, esta deberá enriquecer sus modalidades de compras, localización proveedores y mejor volumen de productos. Para ello se ha desarrollado una política de proveedores la cual les va permitir soportar la demanda de proveedores que tenga el CD.

Agradecimientos

Le agradecemos a nuestro padre Dios, a nuestros padres terrenales, profesores, amigos y todos nuestros seres queridos que fueron parte de esta experiencia investigativa. A nuestra querida universidad ESPOL, por abrirnos las puertas del aprendizaje y conocimiento.

Referencias

- [1]. M. Sarmiento, R. N. (Vol. 31. 1999.). "A review of integrated analysis of production-distribution systems". *IIE Transactions.*, pp. 1061-1074.

- [2]. Baquero, N. (s.f.). *Universidad Simon Bolivar*. Recuperado el 17 de julio de 2012, de Gestion de la Produccion I - Pronosticos: <http://prof.usb.ve/nbaquero/Pronosticos.pdf>
- [3]. Becerra, M. (2009). *SISTEMAS DE INFORMACION ANA MARIA CORTES*. Recuperado el 16 de Junio de 2012, de <http://sistemasdeinfoamc.blogspot.es/img/ERP.pdf>
- [4]. Betancor, B. A.-J. (s.f.). *SERVICIO DE PUBLICACIONES - Universidad de la Laguna*. Recuperado el 5 de Junio de 2012, de <ftp://tesis.bbt.ull.es/ccppytec/cp210.pdf>
- [5]. CreceNegocios. (17 de Octubre de 2011). *CreceNegocios*. Recuperado el 17 de Julio de 2012, de <http://www.crecenegocios.com/como-hacer-el-pronostico-de-la-demanda/>
- [6]. David De La Fuente Garcia, P. P. (2012). *Google Books*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://books.google.com.ec/books?id=UATsv3bgBwcC&pg=PA14&lpg=PA14&dq=programacion+no+lineal&source=bl&ots=fcUFiDK7OF&sig=qJ8ccH8LtCUEHNCTKfkVLMu8bRA&hl=es-419&sa=X&ei=1mYPULfUNoA08ASi9oDwBw&sqi=2&ved=0CF4Q6AEwCA#v=onepage&q=programacion%20no%20lineal&f=fa>
- [7]. ESADE, E. d. (2004). *Guia de Gestion de la Innovacion, Produccion y Logistica*. Barcelona: Una y Media Massmedia, SL.
- [8]. Fundacion Wikimedia, I. (20 de Mayo de 2001). *Wikipedia*. Recuperado el 16 de Junio de 2012, de <http://es.wikipedia.org>
- [9]. Gallego, A. M. (Vol. 176. 2007.). "Optimal Policies with Convertible Lead Times". *European Journal of Operational Research*, pp. 892-910.
- [10]. Garcia, L. A. (2011). *Diccionario de Logistica y SCM*. Medellin: Ecoe Ediciones.
- [11]. Hitler. (15 de Enero de 2010). *INVESTIGACION DE OPERACIONES*. Recuperado el 2 de Junio de 2012, de <http://espol.edu.ec>
- [12]. *Investigación de Operaciones*. (s.f.). Recuperado el 26 de Julio de 2012, de Contactanos y comparte tus consultas: www.investigaciondeoperaciones.net/
- [13]. J. Guerra, I. M. (2002 - 2004). *Repositorio de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL*. Recuperado el 6 de Junio de 2012, de http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19097/1/Paper_ivan1final.pdf
- [14]. Lederman, R. (2003). Optimization of Stochastic Inventory Control with Correlated Demands. *Undergraduate Thesis. Department of Computer Science. Brown University. USA*, pp. 3-19.
- [15]. Leyva, E. L. (s.f.). *Instituto Tecnológico de Sonora*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://antiguo.itson.mx/dii/elagarda/apagina2001/PM/uno.html>
- [16]. Pundoor., G. (2002.). Supply Chain Simulation Models for Evaluating the Impact of Rescheduling Frequencies. *Master Thesis. Institute for Systems Research. University of Maryland*, pp. 23-41.
- [17]. R Development Core Team. (2000). *Introducción a R*.
- [18]. R. Bhatnagar, P. C. (Vol. 67. 1993). "Models for multi-plant coordination". *European Journal of Operations Research*., pp. 141-160.
- [19]. R. Caballero, T. G. (s.f.). *Universidad de Malaga*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://eco-mat.ccee.uma.es/mateco/Docencia/PM/Leccion%201/Leccion%201%20Epig%204%20Prog%20No%20Lineal.pdf>
- [20]. R. Teunter. E. van der Laan, D. V. (Vol. 55. 2004.). "Inventory strategies for systems with fast remanufacturing". *Journal of the Operational Research Society*., pp.475-484.
- [21]. Ruiz, J. (5 de Octubre de 2009). *Departamento de Ciencias de la Atmosfera y los Oceanos*. Recuperado el 17 de Julio de 2012, de Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires: <http://www.at.fcen.uba.ar/docs/presentacionRuiz.pdf>
- [22]. Secretaria de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades. (s.f.). *Instituto Nacional de Tecnologías y de Formación del Profesorado*. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de <http://sauce.pntic.mec.es/~jpeo0002/Archivos/PDF/T08.pdf>
- [23]. Y. Crama, Y. P. (2001). "A discussion of production planning approaches in the process industry". Recuperado el 23 de Junio de 2012, de Research Paper: <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/23107/http://zSzzSzwww.core.ucl.ac.bezSzzserviceszSzzpsfil eszSzd01zSzd01-42.pdf/crama01discussion.pdf>
- [24]. Yahoo! (s.f.). *Yahoo Respuestas*. Recuperado el 7 de Junio de 2012, de <http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20100304152628AAzNR1q>